Appendix

オリジナル・マイコンの製作

山田輝人

本誌2004年12月号で紹介したオリジナル16ビットRISCコア「C1601CPU」を使った1チップ・マイコンを本誌付属のFPGA基板向けに設計しました．コンフィグレーション・データを付属CD-ROMに収録しています．コンフィグレーション後，モニタ・プログラムが起動するので，プログラムをダウンロードして使用できます．

● 設計したマイコンの概要

CPUコアに，パラレルI/O，シリアルI/O，インターバル・タイマなどの基本的な周辺機能を組み込んだ1チップ・マイコンを設計します．ソフトウェアのプログラミングからデバッグまで，一連の動作を体験できます．デバッグは，内蔵のモニタ・プログラムを利用して行います．

図1に，1チップ・マイコンとして搭載するFPGAの内部ブロック図を示します．UARTの通信フォーマットは，通信速度が115.2kbps，データ長8ビット，ストップ・ビット長2ビット，パリティなし，フロー制御なしです．

図2のように，8Kバイトのメモリを実装しています．ユーザ・メモリ領域として，0xA00～0x1FFFが使用可能です．

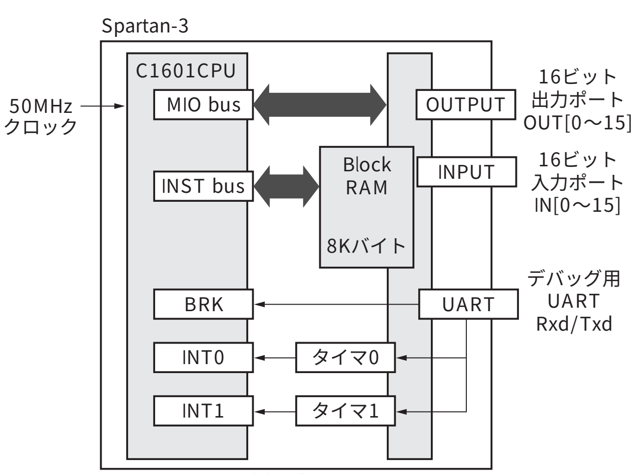
また，割り込み例外はユーザ・プログロムの0xA10～0xA30に例外処理へのジャンプ・テーブルを設定してあります．今回はINT0，INT1を使用できます．ユーザ・プログラムはかならず0xA00から開始してください．

● 1ボード・マイコンを製作

付属FPGA基板を動作させるために，ユニバーサル基板を使用したベース・ボードを製作しました．**図3**にベース・ボードの回路図を示します．基本的には5V電源，クロック発振器，RS-232-Cレベル変換ICがあれば製作できます．

● FPGAをコンフィグレーション

コンフィグレーションには，付属CD-ROMに収録したビットストリーム・ファイルdwc1601cpu.bitを使用します．このとき，ベース・ボードとパソコンは，シリアル・ケーブルで接続して，ターミナル・ソフトウェア（Windowsの「ハイパーターミナル」など）を起動しておきます．



（a）ブロック図

CPU	16ビット RISC CPU (C1601CPU)
クロック	50MHz
I/Oポート	16ビット 入力専用ポート×1 16ビット 出力専用ポート×1注
UART	デバッグ・モニタ用．ユーザ・プログラムからのアクセスには専用関数を用意
タイマ	フリーラン・インターバル・タイマ×2 インターバル時間 ●チャネル0：1ms ●チャネル1：500μs
割り込み例外	INT0：タイマ0のタイムアウト例外 INT1：タイマ1のタイムアウト例外 BRK：プログラムの強制停止例外．UARTに接続

注：出力ポートはリセット直後はハイ・インピーダンスになる．
出力データを1回以上書き込むことで出力状態になる．
必要に応じてプルアップ，プルダウン処理を行う．

（b）仕様

図1 1チップ・マイコンのブロック図

CPUコアに，パラレルI/O，シリアルI/O，インターバル・タイマなどの基本的な周辺機能を組み込んでいる．

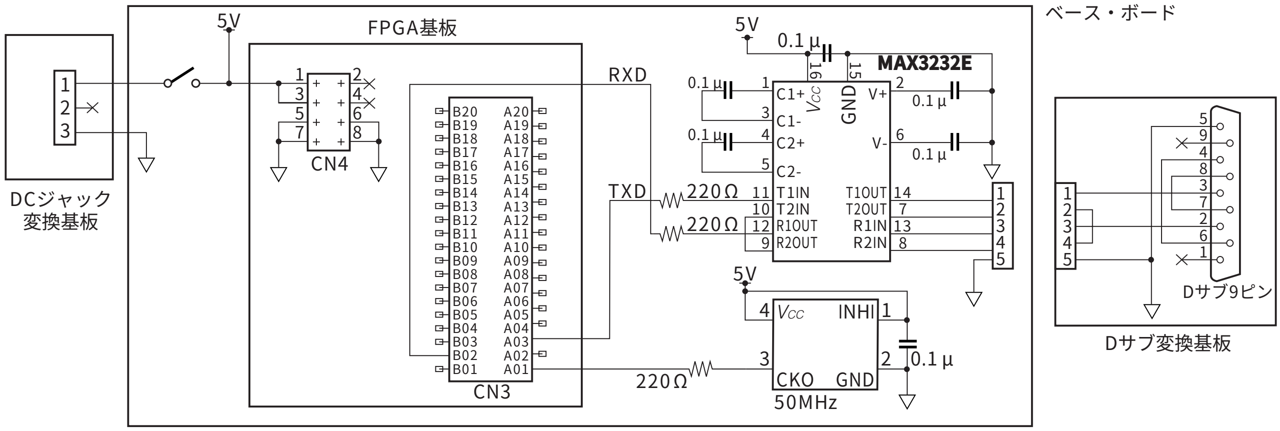


図3　ベース・ボードの回路図

表1　サンプル・プログラムの動作内容

INT0割り込み例外処理	●タイマ0から約1ms間隔で割り込み要求 ●0x1C6回割り込みが発生したら出力ポートのビット0の状態を反転 ●緑色のLEDは約0.5s間隔でON→OFF
INT1割り込み例外処理	●タイマ0から約0.5ms間隔で割り込み要求 ●0x1C6回割り込みが発生したら出力ポートのビット1の状態を反転 ●赤色のLEDは約0.25s間隔でON→OFF
ターミナル出力（メイン・ルーチン）	●プログラム起動時に「Design Wave Magazine」とターミナルに出力 ●INT0の発生回数をカウントして1sを検出 ●1s間隔でターミナルに「0」～「9」を出力

● サンプル・プログラムを動かす

付属CD-ROMには，サンプル・プログラムを収録しています．二つの割り込みを使用してFPGA基板上のLEDを一定間隔で点滅させ，ターミナル上にメッセージを送信するものです．

表1にサンプル・プログラムの動作内容と動作時のターミナル画面を示します．

領域	内容		アドレス
例外処理ジャンプ・テーブル（モニタ・プログラム使用）	リセット		
	不当命令フェッチ例外		
	PCブレーク		
	強制ブレーク		H'000F
例外処理ジャンプ・テーブル（ユーザに開放）	NMI	JPA H'0A10	H'0010
	INT0	JPA H'0A14	H'0014
	INT1	JPA H'0A18	H'0018
	INT2	JPA H'0A1C	H'001C
	INT3	JPA H'0A20	H'0020
	INT4	JPA H'0A24	H'0024
	INT5	JPA H'0A28	H'0028
	INT6	JPA H'0A2C	H'002C
	INT7	JPA H'0A30	H'0030
モニタ・プログラム			H'0034 H'09FF
ユーザ・プログラム例外処理ジャンプ・テーブル	ユーザ・スタート・アドレス		H'0A00
	NMI	JPA user NMI	H'0A10
	INT0	JPA user INT0	H'0A14
	INT1	JPA user INT1	H'0A18
	INT2	JPA user INT2	H'0A1C
	INT3	JPA user INT3	H'0A20
	INT4	JPA user INT4	H'0A24
	INT5	JPA user INT5	H'0A28
	INT6	JPA user INT6	H'0A2C
	INT7	JPA user INT7	H'0A30
ユーザ・プログラム			H'0A34 H'1FFF
未使用			
出力ポート			H'FF00
入力ポート			H'FF02
未実装			
UART			H'FFF0

一般割り込み例外
1）NMI，INT0～INT7割り込み例外の受け付け直後はモニタ，エリア内のジャンプ・テーブルを参照する．
2）その後，ユーザ・プログラム・エリアの対応アドレスにジャンプする．
3）ユーザ・プログラム内の先頭でかならず使用．例外への分岐命令を記述する．

図2　メモリ・マップ

オリジナルのユーザ・プログラムを作成する場合は，かならず0xA00以降から配置する．

やまだ・てると
(有)シリコンデザインテクノロジー

<筆者プロフィール>
本誌2004年12月号に掲載された自分の記事をいち早く恩師に送ろうと，妻に一筆書かせた．しかし，私が宛名ラベルをうっかりはりまちがえ，妻が母親にあてた陽気な手紙の付いた雑誌が恩師のもとへ…．先生，すみません．まもなく39歳になりますが，まだまだお叱りを受けることがたくさんあるようです．